

**STUDI EVALUASI SISTEM PROTEKSI *GENERATOR MAIN*  
*CIRCUIT BREAKER* UNTUK GENERATOR PLTU TANJUNG  
JATI B**



**PUBLIKASI ILMIAH**

**Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I  
pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik**

**Oleh:**

**M. IRFAN IZZUDDIN**

**D 400 160 061**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA**

**2020**

**HALAMAN PERSETUJUAN**


**STUDI EVALUASI SISTEM PROTEKSI GENERATOR MAIN  
CIRCUIT BREAKER UNTUK GENERATOR PLTU TANJUNG  
JATI B**

**PUBLIKASI ILMIAH**

oleh:  
  
**M. IRFAN IZZUDDIN**  
**D 400 160 061**

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh:

Dosen Pembimbing

  
**Ir. JATMIKO, M.T**  
**NIK. 622**

**HALAMAN PENGESAHAN**

**STUDI EVALUASI SISTEM PROTEKSI GENERATOR MAIN  
CIRCUIT BREAKER UNTUK GENERATOR PLTU TANJUNG  
JATI B**

**OLEH**

**M.IRFAN IZZUDDIN**

**D 400 160 061**

**Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji  
Fakultas Teknik prodi Teknik Elektro  
Universitas Muhammadiyah Surakarta  
Pada hari 2 Maret 2020  
dan dinyatakan telah memenuhi syarat**

**Dewan Penguji:**

**1. Ir. JATMIKO,M.T**

**(Ketua Dewan Penguji)**

()

**2. UMAR,S.T,M.T**

**(Anggota I Dewan Penguji)**

()


**3. AGUS SUPARDI,S.T,M.T**

**(Anggota II Dewan Penguji)**

()



**Dekan,**

**  
Sugeng, M.T, Ph.D**

**NIK. 628**

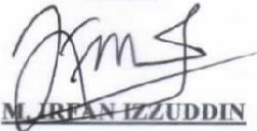
## PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam naskah publikasi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya di atas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 2 Maret 2020

Penulis



M. IRFAN IZZUDDIN

D 400 160 061

# STUDI EVALUASI SISTEM PROTEKSI GENERATOR MAIN CIRCUIT BREAKER UNTUK GENERATOR PLTU TANJUNG JATI B

## Abstrak

Generator merupakan sebuah alat yang memproduksi tenaga listrik dari tenaga mekanis yang sangat penting untuk pembangkit listrik, sehingga untuk menghindari dari berbagai gangguan di pasanglah sistem proteksi. Sebagai pembangkit yang cukup penting, diperlukan sistem proteksi yang tidak hanya handal tetapi juga harus memiliki koordinasi yang tepat. Langkah awal di dalam penelitian ini adalah mencari data-data yang berkaitan dengan penelitian, data ini diambil di PLTU Tanjung Jati B unit 1 dan 2 ada di Jepara, setelah data terkumpul data baru dilakukan hitung secara matematis untuk dikombinasikan dengan data tersebut. Tujuan dari penelitian ini evaluasi untuk mengetahui *setting* relai kemudian dilakukan analisa dan penggambaran kurva koordinasi relai. Setelah semuanya sudah dilakukan perhitungan secara matematis di dapatkan nilai rasio  $CT_1$  1000:5 A dan  $CT_2$  20000:5 A. Untuk pemilihan rasio pada CT dilakukan sesuai dengan spesifikasi di pasaran, dan di dapatkan arus *setting* pada relai differensial sebesar 0,6 A, pada saat arus hubung singkat 3 fasa pada CT menjadi 76.000 A dengan nilai arus differensial menjadi 3,2 A yang berarti arus *setting* lebih kecil dari pada saat hubung singkat maka relai differensial ini bekerja menginstruksi GMCB untuk trip. Untuk mengevaluasi relai *over current relay* (OCR) yang dicari berupa waktu dan waktu operasi relai, Besarnya arus gangguan pada busbar yang di dapatkan sebesar 3414,3 A. Untuk arus *setting* relai OCR sebesar 950,82 A, dengan waktu operasi 0,09 detik dengan (rasio CT 1000:5A). Dengan berdasarkan hasil penelitian ini, data di lapangan masih dalam kondisi aman, maka *setting* relai yang ada di lapangan masih dalam kondisi baik.

Kata kunci : **proteksi, relai, generator, PLTU.**

The generator is a device that produces electrical power from mechanical power which is very important for electricity generation, so as to avoid the various disturbances in the protection system. As an important generator, a non-protection protection system that is not only reliable is still only reliable but also has to have the right coordination. The initial step in this research is to look for data related to the research, this data is taken at Tanjung Jati B PLTU units 1 and 2 in Jepara, after the data collected the new data is calculated mathematically to be combined with the data. The purpose of this study was to evaluate the relay settings and then analyze and describe the relay coordination curves. After everything has been done mathematically calculated in the value of the ratio  $CT_1$  1000: 5 A and  $CT_2$  20000: 5 A. For the selection of the ratio on CT is done according to specifications on the market, and the current setting on the relay is 0,6 A, at when the 3-phase short circuit current on CT becomes 76,000 A with a differential current value of 3,2 A, which means the setting current is smaller than when the short circuit, the differential relay works to instruct the GMCB to trip. To evaluate the over current relay (OCR) that is sought in the form of time and time of relay operation, the magnitude of the disturbance current on the busbar is 3414.3 A. The OCR relay setting current is 950.82 A, with an operating time of 0.09 seconds with (CT ratio 1000: 5A). Based on the results of this study, the data in the field is still in safe condition, so the relay settings in the field are still in good condition.

Keywords: ***protection, relai, generator, power plant.***

## 1. PENDAHULUAN

Penyaluran energi listrik merupakan topik yang menarik untuk di pelajari dalam bidang tenaga listrikan, karena semakin kompleksnya permasalahan yang terjadi di dalam proses penyaluran tenaga listrik tersebut. Menariknya dari proses penyalurannya maupun karakteristik beban yang di suplai. Ketersediaan listrik di berbagai daerah menjadi salah satu aspek yang penting untuk perkembangan suatu daerah itu. Karena pembangkit listrik hanya ada di daerah tertentu tetapi pemakaian daya listrik atau pelanggan tersebar di berbagai daerah maka memerlukan penanganan teknis, maka jalur transmisi mempunyai peranan yang penting untuk proses penyaluran daya listrik dari pusat pembangkit listrik hingga ke pusat beban atau konsumen.

Sistem distribusi tenaga listrik yang dihasilkan dari pembangkit tenaga listrik tidak akan lepas dari gangguan hubung singkat pada jaringan yang diakibatkan dari faktor internal maupun eksternal. Pemutus Tenaga (PMT) adalah alat sistem proteksi yang memudahkan memutus dan menghubungkan suatu rangkaian dalam sistem tenaga listrik baik dalam kondisi terhubung dengan beban maupun pada saat keadaan ada gangguan (Sastrawan. 2010).

Di dalam jaringan distribusi lebih banyak potensi untuk terjadi gangguan hubung singkat antar fasa atau fasa ke tanah, inilah yang menyebabkan kerusakan pada peralatan distribusi maupun pada beban-beban listrik. Solusinya Memasang perangkat proteksi relai arus lebih yang dapat mengisolir gangguan tersebut. Di dalam perangkat sistem proteksi yang di utamakan sensitivitas, selektivitas, reliabilitas dan kecepatan yang baik. (Horowitz, 2008).

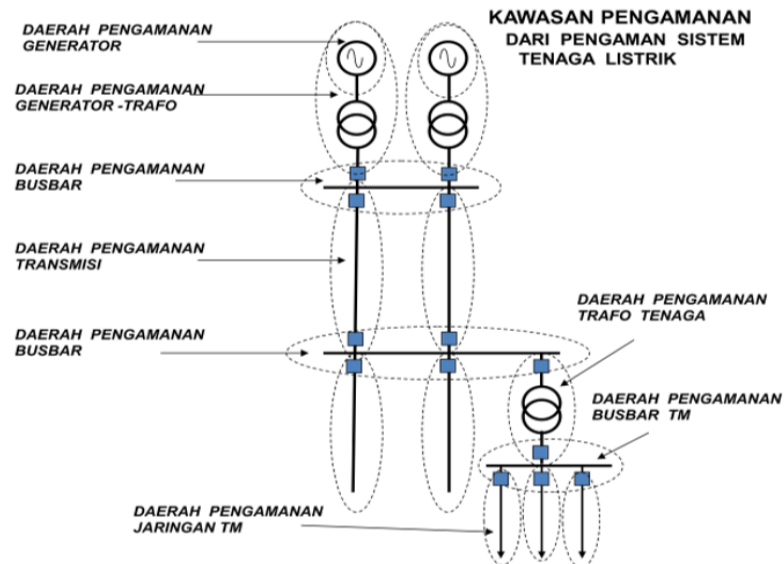
Gangguan yang mungkin akan terjadi dapat menimbulkan kerusakan pada sistem distribusi maupun alat-alat pembangkit listrik yang lain apabila gangguan itu tidak segera di amankan dengan cepat oleh perangkat proteksi. GCMCB Pemutus Tegangan (PMT) ini bertugas menerima sinyal dari relai-relai yang ada di sekitar generator agar memutus arus ketika terjadinya gangguan agar peralatan terlindungi tidak mengalami kerusakan. Sistem tenaga ini dibagi menjadi beberapa yaitu generasi subsistem, transmisi, transformasi, dan distribusi listrik yang tiap komponen harganya mahal (Raju,2012). Bagian Gangguan-gangguan yang sering terjadi pada generator yaitu gangguan hubung singkat antar fasa, hubung singkat antar lilitan, hubung singkat antar belitan rotor. Selain itu, bahaya yang mungkin terjadi dari gangguan hubung singkat ialah stabilitas sistem akan

rusak dan isolasi pada kumparan stator akan rusak karena menerima panas yang berlebihan sehingga tahanan isolasinya menurun. Hubung singkat adalah terjadinya dua penghantar yang bertegangan secara langsung dan tidak langsung menggunakan media (resistor atau beban), akibatnya aliran arus tidak normal (Tirza,2013). Untuk meminimalisir kerusakan yang akan terjadi dapat menggunakan alat proteksi seperti OCR (*Over Current relay*).

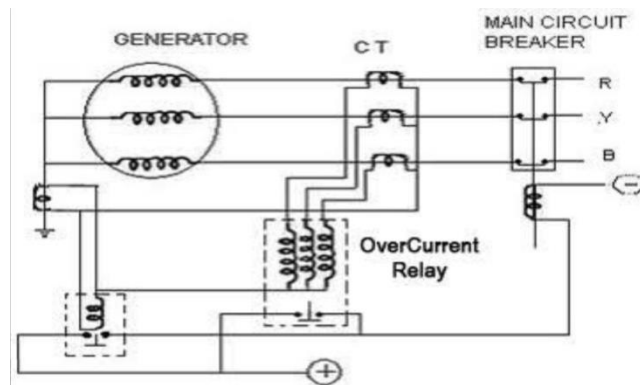
OCR (*Over Current Relay*) adalah pengaman generator terutama terhadap gangguan-gangguan yang ada di depan pemutus tenaga atau PMT generator, baik antar fasa maupun fasa ke tanah. *Current Transformer* (CT) adalah suatu alat listrik yang digunakan untuk mendeteksi arus dengan sistem isolasi, dengan menurunkan arus sehingga dapat dibaca oleh Amp meter. *Voltage Transformer* (VT) adalah suatu alat listrik yang digunakan untuk pengukuran tegangan dengan sistem isolasi, dengan menurunkan tegangan yang lebih tinggi ke tegangan yang rendah dengan menggunakan *setting* relai.

Relai differensial yaitu relai yang menggunakan prinsip kerja dengan berdasarkan hukum krichoff perbandingan dimana arus yang masuk harus sama dengan arus yang keluar. Daerah pengamanan yang ada di relai ini terdapat dua buah trafo arus (CT). Jika relai kondisi normal belum ada gangguan maka arus yang masuk ke relai  $I_1 - I_2 = 0$  /  $I_1 = I_2$  atau  $I_1 - I_2 < \text{Setting relai}$ , maka relai tidak bekerja. Jika arus ke relai  $I_1 - I_2 \neq 0$  atau  $I_1 - I_2 > \text{Setting relai}$ , maka relai differensial akan bekerja memerintah PMT memutus tenaga.

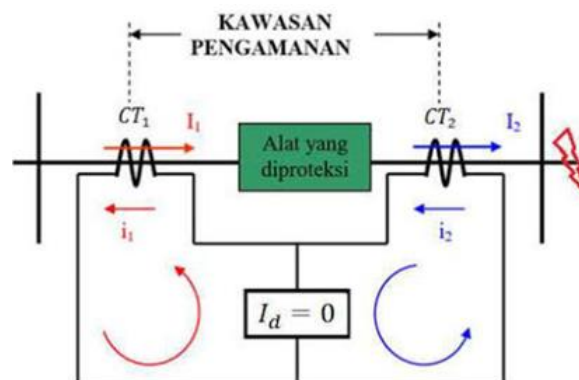
Berdasarkan uraian diatas penelitian dilakukan dengan cara mencari *setting* relai yang digunakan untuk melindungi generator dari arus gangguan. Dalam penelitian di PLTU Tanjung Jati B ini di dapatkan data relai yang ada di dalam *beckwith*, *beckwith* itu ialah kotak tempat untuk menyimpan segala relai yang ada untuk proteksi generator yang akan di kirim datanya ke ruang *monitoring system*, sehingga perhitungan dilakukan untuk mencari arus pada saat *standby* dan arus pada saat ada gangguan yang terjadi nilai-nilai perbandingan dengan data langsung.



Gambar 1. Kawasan Proteksi



Gambar 2. Kawasan Proteksi Relai Arus Lebih (OCR)



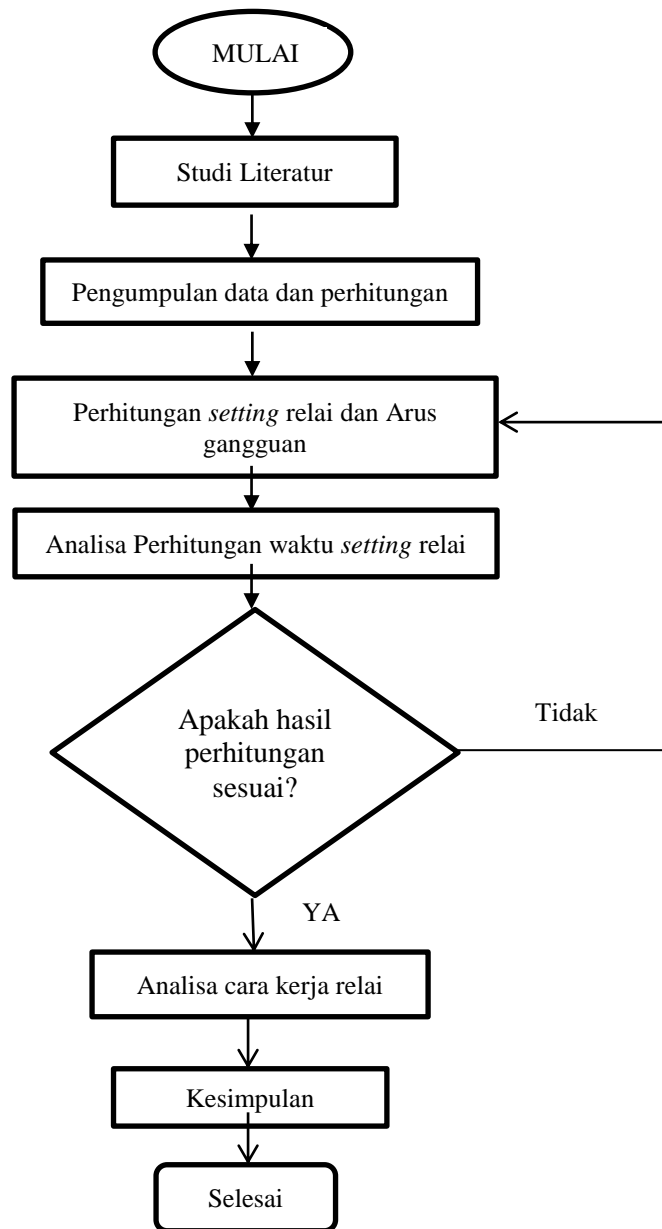
Gambar 3. Kawasan Proteksi Relai Differensial



## 2. METODE

Metode yang digunakan peneliti adalah yang pertama dengan melakukan studi literatur yang mengenai tentang sistem proteksi pada generator. Studi literatur tersebut dilakukan dengan mempelajari buku dan jurnal ilmiah yang berkaitan dengan penelitian ini, *browsing*, tinjauan pustaka, penelitian sebelumnya, dan melakukan konsultasi dengan pembimbing dan staff yang ada di PLTU Tanjung jati B. Setelah itu pengambilan data dilakukan di lapangan langsung dengan data pengecekan relai-relai di ruang *control* unit yang ada di Pembangkit ini, Data yang diambil yaitu tegangan, arus, frekuensi, dan *setting relay*. Setelah dilakukan pengumpulan data kemudian dilanjutkan perhitungan untuk melihat perbandingan *setting relay*. Perbandingan perhitungan dengan data setelah dilakukan perhitungan, langkah selanjutnya yaitu dilakukan perbandingan. Semisal hasil perhitungan mempunyai perbedaan yang jauh dari data sesungguhnya maka akan di ulangi ke tahap awal. Namun bila sudah sinkron maka akan dilanjutkan ketahap kesimpulan. Setelah pengujian selesai maka dilakukan pendataan untuk mengetahui perbandingan antara perhitungan dan data.

## 2.1 Flowchart penelitian



Gambar 2. Flowchart penelitian

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian ini merupakan data-data yang diperoleh sebelumnya di PLTU Tanjung Jati B dan juga pembahasan dalam penelitian ini sebagai berikut :

#### 3.1 Data

Tabel 1. Data transformator PLTU Tanjung Jati B

<b>DATA TRANSFORMATOR</b>	
Parameter	Spesifikasi
Merk	Toshiba
Daya <i>Output</i>	786 MVA
Jumlah Fasa	3 Fasa
Frekuensi	50Hz
Tegangan sekunder / primer	22.8 kV/ 525 kV
<i>Connection</i>	<i>Delta / Star</i>
Impedansi (Z%)	16.50%
Tipe Pendingin	ODAF
<i>Grounding</i>	<i>Solid Grounding</i> titik netral sisi tegangan tinggi

Tabel 2. GMCB

<b>DATA GMCB</b>	
Parameter	Spesifikasi
Merk	ABB
<i>Type</i>	HEC 7C / 8C
Rating Tegangan	24 kV
Rating Arus	24 kA
Frekuensi	50Hz
Rating pemutus arus	210 kA
Rating arus hubung singkat	210 kA

Tabel 3. Data GENERATOR

<b>DATA GENERATOR</b>	
Parameter	Spesifikasi
Merk	Toshiba
<i>Type</i>	Sinkron, 3 $\phi$
Daya Aktif	721.8 MW
Daya Nyata	802 MVA
Frekuensi	50Hz
<i>Power Factor</i>	0.9
RPM	3000 RPM

Jenis Rotor	<i>Round/Cylindrical</i>
Grounding	<i>Solid Grounding titik netral sisi tegangan tinggi</i>
Xd''(Reaktansi <i>Subtransien</i> )	0.258 p.u
Xd'(Reaktansi <i>Transien</i> )	0.327 p.u
Xd(Reaktansi Urutan Positif)	2.23 p.u
X <sub>2</sub> (Reaktansi Urutan Negatif)	0.258 p.u
X <sub>0</sub> (Reaktansi Urutan nol)	0.142 p.u
Stator <i>Connection</i>	<i>Star</i>
(I <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> x t	8

Tabel 4. Relai Differensial Generator

<b>DATA RELAI DIFFERENSIAL</b>	
<b>Parameter</b>	<b>Spesifikasi</b>
Merk	Basler <i>electric</i>
Type	BE1-87T-G3E-A1J-COS0F
<i>Setting Range</i>	
<i>Input 1 CT Tap</i>	4.1 A
<i>Input 2 CT Tap</i>	3.2 A
<i>Slope</i>	15-60% (5% <i>step</i> )

Tabel 5. Relai Arus lebih (OCR)

<b>DATA ARUS LEBIH (OCR)</b>	
<b>Parameter</b>	<b>Spesifikasi</b>
Merk	<i>General electric</i>
Type	BE1-50/51
<i>Setting Range</i>	
<i>Pick up</i>	0.5 – 15.9 A
<i>Time Delay</i>	0 – 9.9 <i>second</i> ( 0.1 normal)
<i>Curve type</i>	S,L,D,M,I,V,E,F

### 3.2. Perhitungan Matematis

#### 3.2.1 Perhitungan Nilai Rasio CT Untuk Transformator

Dalam pemilihan nilai rasio transformator arus (CT) untuk generator harus dilakukan dengan tepat di karenakan apabila terjadi gangguan-gangguan terhadap sistem yang ada di generator harus cepat terlindungi dengan baik. Langkah pertama yang dilakukan untuk mengetahui besarnya nilai CT yaitu dengan mengetahui nilai beban penuh transformator tersebut. Kemudian menghitung arus nominal di kedua sisi generator dan di tentukan arus ratingnya, nilai CT yang baik

harus mendekati arus rating, perhitungan arus rating di peroleh dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$I_{\text{rating}} = 110\% \times I_n$$

Dimana

$$I_n = \frac{S}{V \times \sqrt{3}}$$

Keterangan :

$I_n$  = Arus Nominal (A)

$S$  = Kapasitas (MVA)

$V$  = Sisi Tegangan Trafo (kV)

Dari rumus diatas ini akan di peroleh hasil perhitungan  $I_{\text{nominal}}$  untuk kedua sisi trafo sebagai berikut :

In pada sisi tegangan primer (525kV) :

$$I_{n(525kV)} = \frac{802000}{525 \times \sqrt{3}} = 881,97 \text{ A}$$

In pada sisi tegangan sekunder (22,8 kV) :

$$I_{n(22,8kV)} = \frac{802000}{22,8 \times \sqrt{3}} = 20308,5 \text{ A}$$

Irating pada sisi tegangan primer (525 kV) :

$$I_{\text{rating(primer)}} = 110\% \times 881,97 = 970,1 \text{ A}$$

Irating pada sisi tegangan sekunder (22.8 kV) :

$$I_{\text{rating(sekunder)}} = 110\% \times 20308,5 = 22339,3 \text{ A}$$

Dari perhitungan di atas mendapatkan hasil  $I_n$  pada sisi tegangan primer CT pada transformator 881,97 A, dan  $I_n$  pada sisi tegangan sekunder CT pada transformator 20308,5 A. Setelah itu, hasil perhitungan dari  $I_{\text{rating}}$  pada sisi tegangan primer di dapatkan 970,1 A sedangkan  $I_{\text{rating}}$  pada sisi tegangan sekunder di dapatkan hasil 22339,3 A. Rasio pada sisi primer 525 kV (CT<sub>1</sub>) yang di pilih dengan perhitungan arus rating adalah 1000 : 5 A, jadi dalam pembacaannya apabila mengalir arus 1000 A maka akan terbaca 5 A, sedangkan rasio pada sisi sekunder 22,8 kV (CT<sub>2</sub>) di dapatkan 20000 : 5 A, jadi dalam pembacaannya apabila mengalir arus 20000 A maka akan terbaca 5 A. Pemilihan nilai rasio pada CT ini di pilih karena mendekati nilai  $I_{\text{rating}}$  dan spesifikasi CT rasio yang ada di pasaran.

### 3.2.2 Arus Sekunder CT

Arus yang mengalir dari sisi outputan CT dapat dicari dengan cara persamaan sebagai berikut :

$$I_{\text{sekunder CT}} = \frac{1}{\text{rasio CT}} \times I_n$$

Arus sekunder dari sisi tegangan primer 525 kV :

$$I_{\text{sekunder CT}_1} = \frac{5}{1000} \times 881,97 \text{ A} = 4,4 \text{ A}$$

Arus sekunder dari sisi tegangan sekunder 22,8 kV :

$$I_{\text{sekunder CT}_2} = \frac{5}{20000} \times 20308,5 \text{ A} = 5 \text{ A}$$

Dari perhitungan diatas arus sekunder CT<sub>1</sub> tegangan sisi primer di dapatkan hasil 4,4 A dan tegangan sisi sekunder 5 A.

### 3.2.3 Arus Relai Differensial

Arus untuk relai differensial ini dapat dicari dengan mengurangi arus keluaran CT<sub>2</sub> sisi sekunder (22,8 kV) dengan sisi primer CT<sub>1</sub> (525kV) :

$$I_d = I_s - I_p$$

Keterangan

I<sub>d</sub> = Arus relai Differensial (A)

I<sub>s</sub> = Arus dari keluaran CT<sub>2</sub> pada sisi sekunder (A)

I<sub>p</sub> = Arus dari keluaran CT<sub>1</sub> pada sisi primer (A)

Perhitungan arus relai differensial memakai persamaan diatas:

$$I_d = 5 \text{ A} - 4,4 \text{ A} = 0,6 \text{ A}$$

Dalam perhitungan arus *setting* relai differensial diatas di dapatkan hasil nilai arus differensial sebesar 0,6 A. Jika arus yang melewati CT di transformator ini melebihi arus *setting* maka relai akan bekerja memberi perintah kepada PMT untuk memutus tenaga, melalui *setting* diatas generator meminimalisir gangguan dan dapat beroperasi dengan efektif.

### 3.2.4 Gangguan dan Toleransi Perubahan Arus Trafo Daya Pada Transformator

Pada saat ada gangguan hubung singkat 3 fasa yang terjadi pada sisi tegangan sekunder (22,8 kV) yang mengakibatkan I<sub>n</sub> menjadi 76.000 A, dicari dengan persamaan berikut :

$$I_{\text{sekunder CT}} = 76.000 \times \frac{5}{20000} = 19 \text{ A}$$

$$I_{\text{sekunder CT}} = \frac{19}{5} = 3,8 \text{ A}$$

$$I_d = 3,8 - 0,6 = 3,2 \text{ A}$$

Keterangan :

$I_{\text{sekunder CT}}$  = Arus yang di deteksi CT (A)

$I_{\text{sekunder ACT}}$  = Arus keluaran CT yang terjadi gangguan

$I_d$  = Arus Differensial

Dari perhitungan matematis yang sudah dilakukan di dapatkan hasil arus differensial sebesar 3,2 A. Hal ini menyebabkan relai differensial bekerja karena nilai arus *setting* relai yang nilainya 0,6 A lebih kecil dari pada arus differensial. Ketika terjadi gangguan hubung singkat 3 fasa yang terjadi pada sisi tegangan sekunder (22,8 kV) yang mengakibatkan  $I_n$  menjadi 20.000 A, dicari dengan persamaan berikut :

$$I_{\text{sekunder CT}} = 20.000 \times \frac{5}{20000} = 5 \text{ A}$$

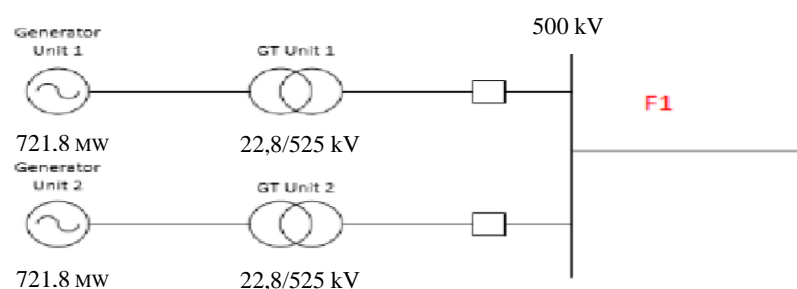
$$I_{\text{sekunder ACT}} = \frac{5}{5} = 1 \text{ A}$$

$$I_d = 1 - 0,6 = 0,4 \text{ A}$$

Dengan di dapatkan nilai arus differensial dengan nilai 0,4 A, maka hal ini tidak menjadikan relai differensial bekerja karena arus *setting* yang nilainya 0,6 A masih lebih besar di banding arus differensial.

### 3.2.5 Relai Arus Lebih (OCR)

*Over Current Relay* atau Relai Arus lebih digunakan untuk mendeteksi adanya gangguan arus yang melebihi batas nilai pengamanan pada generator (arus *setting* yang ditentukan). Relai akan bekerja jika kenaikan arus terdeteksi dan memerintahkan PMT untuk memutus tenaga, dalam pencarian nilai arus *setting* dan waktu kerja *setting* perhitungannya sebagai berikut ini :



Gambar 3. Sistem Pembangkit PLTU Tanjung Jati B

### 1. Perhitungan Hubung singkat (Area F1)

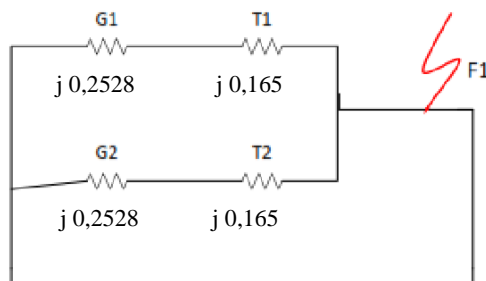
Reaktansi pada Generator

$$\begin{aligned} X_{g''} &= \frac{MVA \text{ base}}{MVA \text{ asli}} \times X_{d''} \\ &= \frac{786 \text{ MVA}}{802 \text{ MVA}} \times 25,8\% \\ &= 25,28\% = 0,2528 \text{ p.u} \end{aligned}$$

Reaktansi pada Transformator

$$\begin{aligned} X_{t''} &= \frac{MVA \text{ base}}{MVA \text{ asli}} \times \text{Impedansi Trafo } (\%) \\ &= \frac{786 \text{ MVA}}{786 \text{ MVA}} \times 16,5\% \\ &= 16,5\% = 0,165 \text{ p.u} \end{aligned}$$

Sehingga rangkaian ekivalen dari perhitungan diatas sebagai berikut :



Gambar 4. Rangkaian Ekivalen

$$\begin{aligned} X_{total} &= \frac{X_{gt1} \times X_{gt2}}{X_{gt1} + X_{gt2}} \\ &= \frac{j 0,4178 \times j 0,4178}{j 0,4178 + j 0,4178} \\ &= \frac{0,17 \angle 180}{0,84 \angle 90} \\ &= 0,2 \angle -90^\circ = 0,2 \text{ p.u} \end{aligned}$$

Jadi arus hubung singkat di rangkaian ini

$$\begin{aligned} I_{hs} &= \frac{E_1}{X_{total}} \\ &= \frac{1}{j 0,2} \rightarrow \frac{1 \angle 0}{0,2 \angle 90} \\ &= 5 \angle -90^\circ = -5 j \text{ p.u} \end{aligned}$$

### 3.2.5 Perhitungan relai Arus lebih

1. Cari arus *sub transient* untuk generator :

$$I''_{g1} = \frac{E_g}{X_{g1}} = \frac{1}{0,2528} = 3,95 \text{ p.u}$$

$$P_{g1} = I''_{g1(pu)} \times \frac{kVA_{base}}{kV \times \sqrt{3}} = 3,95 \text{ p.u} \times \frac{786000}{525 \times \sqrt{3}} = 3414,3 \text{ A}$$

Jadi arus *sub transient* yang ada pada generator area F1 adalah 3414,3 A, untuk mencari arus nominal :



$$I_n = \frac{S_{base}}{V_{base} \times \sqrt{3}} = \frac{786000}{525 \times \sqrt{3}} = 864,38 \text{ A}$$

2. Untuk mencari arus kerja pada relai OCR memakai perhitungan sebagai berikut:

$$I_{relai \text{ OCR}} = I_n \times \frac{1}{Ratio \text{ CT}} = 864,38 \times \frac{5}{1000} = 4,32 \text{ A}$$

$$I_{set \text{ relai OCR}} = 110\% \times I_n = 1,1 \times 864,38 = 950,82 \text{ A}$$

3. Cari waktu *setting* relai OCR (Untuk *standard* nilai  $K = 0,14$  dan  $a = 0,02$ ) :

$$T_s = \frac{K}{\left(\frac{I_{hs}}{I_{set \text{ OCR}}}\right)^{a-1}} \times TMS = \frac{0,14}{\left(\frac{3414,3}{950,82}\right)^{0,02-1}} \times 0,1 = 0,09 \text{ s}$$

Jadi yang di dapatkan dari perhitungan di atas sebagai berikut, besar arus hubung singkat sebesar 3414,3 A dengan nilai nominal sebesar 864,38 A dan arus kerja pada relai OCR ini sebesar 4,32 A dengan arus *setting* relai OCR sebesar 950,82. waktu *setting* relai OCR yang di dapatkan 0,09 detik dengan begitu hasil perhitungan ini sama dengan spesifikasi yang ada di PLTU Tanjung Jati B. Maka *setting* relai yang ada dilapangan masih dalam kondisi normal bekerja dengan baik.

#### 4. PENUTUP

Kesimpulan yang dapat di ambil dari perhitungan dan pembahasan diatas dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Hasil perhitungan *setting* arus differensial pada transformator sebesar 0,6 A. Jika arus melewati relai melebihi arus *setting* maka relai ini akan bekerja.
2. Berdasarkan perhitungan relai OCR di dapatkan hasil besar arus hubung singkat sebesar 3414,3 A dengan nilai nominal sebesar 864,38 A dan arus kerja pada relai OCR ini sebesar 4,32 A dengan arus *setting* relai OCR sebesar 950,82. waktu *setting* relai OCR yang di dapatkan 0,09 detik.
3. Dari perhitungan dengan data yang ada dilapangan dengan hasil ini relai ini dalam kondisi sesuai ( perbedaannya tidak terlalu jauh), dapat di simpulkan relai differensial dalam keadaan sudah baik.

## PERSANTUNAN

Penulis mengucapkan terima kasih banyak kepada seluruh pihak-pihak yang membantu penulis menyelesaikan tugas akhir ini sebagai berikut :

1. Allah S.W.T yang telah memberikan nikmat kesehatan, keselamatan dan hidayah kepada penulis sehingga bisa menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Keluarga yang selalu memberi motivasi tersendiri dan mendoakan penulis agar diberi kelancaran dalam menulis tugas akhir ini.
3. Bapak Umar, S.T, M.T sebagai Ketua Program Studi Teknik Elektro di Universitas Muhammadiyah Surakarta.
4. Bapak Ir. Jatmiko, M.T sebagai pembimbing tugas akhir ini, serta memberikan saran dan masukan agar tugas akhir ini bisa cepat selesai.
5. Seluruh dosen dan staff, yang telah mengajar dan memberi ilmu kepada penulis selama penulis kuliah di Universitas Muhammadiyah Surakarta.
6. Seluruh karyawan PT. TJB Power Service lebih khususnya kepada divisi *electrical* yang telah memberikan ilmu tentang PLTU serta membimbing selama penulis berada di tempat.
7. Ardiyanto, Arifin Widianoro, Mufhid Angga Mandala, Achmad Malik Ibrahim, Rama Tri Kurniawan, Dika Bagus, Dewi Hafsari, Ilham Abi dan Teman-teman Kontrakan Ceria selaku teman yang selalu membantu dan menemani penulis dikala penulis kesusahan.
8. Warung Ibu'e Mas Bro yang selalu ada pada saat penulis butuh tenaga dan asupan makanan di kala mengerjakan tugas akhir ini.
9. Mas Dirga, Mas Fembri, Mas Hermawan, Mas Iwanda dan Bapak Agus sebagai karyawan di PT. TJB Power Service yang telah memberikan ilmu dan informasi yang membantu dalam penulisan tugas akhir,
10. Seluruh Mahasiswa Prodi Teknik Elektro angkatan 2016 di Universitas Muhammadiyah Surakarta.
11. Semua pihak yang telah membantu penulis pada saat mengerjakan tugas akhir ini yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu,

## DAFTAR PUSTAKA

- Diani, M. (2000). *The Concept of Social Movement*. In K. Nash (Ed.), *Reading in Contemporary Political Sociology* (p. 157). Massachusets: Blackwell Publisher.
- Horowitz, S. H., & Arun G. Phadke (2008). *Power System Relaying, Third Edition. United States of America*.
- Irfan Affandi. 2009. Analisa Setting Relai Arus Lebih Dan Relai Gangguan tanah Pada Penyulang Sadewa Di GI Cawang (Tugas Akhir). Depok: Universitas Indonesia.
- I Made Aris Sastrawan. 2010. Analisa *Setting Rele Ocr (Over Current Relay)* Pada Sistem 150 Kv Bali Pasca Dioperasikannya Pembangkit Celukan Bawang (Tugas Akhir). Bukit Jimbaran: Universitas Udayana
- Kidd, D. C., & Castano, E. (2013). *Reading Literary iction improves theory of mind. Science (New York, N.Y.), 342(6156), 377–80.*  
<http://doi.org/10.1126/science.1239918>
- Tirza. 2013. Analisa Setting Relai OCR ( *Over Current Relay*) pada 150 kV Pada Penyulang GI Wonosari (Tugas Akhir). Surakarta: Universitas Muhammadiyah Surakarta.